

Verfahren und Vorrichtung zur dreidimensionalen  
Bestimmung des Brechungsindex von transparenten oder  
teiltransparenten Schichten

BEST AVAILABLE COPY

**Technisches Anwendungsgebiet**

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur dreidimensionalen Bestimmung des Brechungsindex von transparenten oder teiltransparenten Schichten, bei dem die Schicht unter verschiedenen Einfallswinkeln mit polarisiertem Licht  
10 durchstrahlt und Änderungen der Polarisation des Lichtes beim Durchgang durch die Schicht gemessen und ausgewertet werden.

Verfahren dieser Art sind auch unter dem Begriff  
15 Transmissionsellipsometrie oder Transmissionspolarimetrie bekannt. Bei diesen Verfahren wird die Schicht mit polarisiertem Licht durchstrahlt und eine durch die Schicht verursachte Drehung der Polarisation des Lichtes erfasst. Die eingesetzte Messanordnung  
20 umfasst in der Regel eine Lichtquelle, jeweils zumindest einen Polarisator vor und hinter dem Messvolumen für die Probe sowie einen Photodetektor, der die bei verschiedenen Stellungen der Polarisatoren auftreffende Lichtintensität misst.

25

Die Vermessung des dreidimensionalen Brechungsindex optisch anisotroper Schichten spielt im Bereich optischer Technologien, in denen anisotrope Schichten mit definierten optischen Eigenschaften benötigt  
30 werden, eine zunehmend größere Rolle. So sind die

anisotropen optischen Eigenschaften von dünnen Schichten oder Filmen bspw. für die Displaytechnologie von höchster Bedeutung. Sehr dünne Schichten sind für die Nanotechnologie von großem Interesse. Dickere Filme 5 finden auch als Wellenleiter für die optische Informationsverarbeitung Anwendung. Neuere Anwendungsfelder betreffen die Bereiche optischer Sicherheits-elemente sowie reversibler optischer Datenspeicherung. Ein konkretes Beispiel für Anwendungen des gattungs-10 gemäßen Verfahrens ist die Bestimmung der dreidimensionalen Anisotropie von dünnen Schichten, die direkt als optische Komponenten, bspw. als Retarder oder Polarisatoren, in Flachbildschirmen eingesetzt werden, oder die als Photoalignmentschichten zur 15 Herstellung dieser Komponenten Anwendung finden, um die Blickwinkelabhängigkeit der Displays messen oder steuern zu können.

In letzter Zeit wurden Verfahren entwickelt, um 20 die Anisotropie von dünnen Polymerschichten mit Hilfe von polarisiertem Licht definiert einzustellen und diese Anisotropie durch Temperi in der flüssig-kristallinen Phase zu verstärken (vgl. z. B. J. Stumpe et al., SPIE Vol.3800, 1999, Seiten 150 - 163). Um das 25 Ergebnis dieses Herstellungsverfahrens kontrollieren zu können, ist die dreidimensionale Bestimmung des Brechungsindex in der Schicht erforderlich. Eine hochgenaue Bestimmung des Brechungsindex in allen drei Raumrichtungen bereits nach dem Bestrahlen ist dabei 30 sehr wichtig, um das Resultat des nachfolgenden, durch Temperi hervorgerufenen Selbstorganisationsprozesses einschätzen zu können.

**Stand der Technik**

Zur Bestimmung des Brechungsindex von Schichten in allen drei Raumrichtungen sind bisher unterschiedliche Verfahren bekannt. So kann für absorbierende Proben die dreidimensionale Anisotropie der Schicht mit Hilfe von UV-Spektroskopie unter veränderlichem Einfallswinkel bestimmt werden, wie dies bspw. in T. Srikhirin et al., ChemPhysChem, 2002, 3, Seiten 335 - 342, beschrieben ist. Hierbei wird die dünne Schicht auf ein Glassubstrat aufgebracht und mit dem Glassubstrat zwischen zwei Halbkugeln eines Materials mit geeignetem Brechungsindex vermessen. Durch diese Immersionstechnik werden winkelabhängige Reflexionsverluste an den Grenzflächen verringert, deren Vermeidung gerade bei der Absorptionsspektroskopie sehr wichtig ist. Die UV-Spektroskopie zur Bestimmung der dreidimensionalen Anisotropie eignet sich jedoch nur bei ausreichend absorbierenden Schichten.

Für transparente Schichten werden daher, insbesondere bei Schichtdicken im Bereich von 1  $\mu\text{m}$  oder darunter, ellipsometrische Verfahren eingesetzt, mit denen die Anisotropie über die Doppelbrechung in der Schicht erfasst wird. So setzen bspw. C. C. Jung et al., Mol. Cryst. Liq. Cryst., 2002, Vol. 375, Seiten 713 - 721, die sog. Prismenkopplermethode mit polarisiertem Licht ein, um Schichten mit einer Schichtdicke um 1  $\mu\text{m}$  zu vermessen. Hierbei werden durch Einkopplung des Lichts über ein Prisma Wellenleitermoden in der Schicht unter Einfallswinkeln angeregt, die durch die Brechungsindizes der Schicht bestimmt

sind. Wird hierbei ein Prisma mit einem hohen Brechungsindex eingesetzt, so wird mit parallel zur Einfallsebene polarisiertem Licht durch die Brechung in der Schicht auch der Brechungsindex in der Schicht-  
5 normalen zugänglich. Leider existieren nur Wellenleitermoden bei optischen Schichtdicken ( $n \times d$ ), die größer als die Wellenlänge des eingesetzten Lichts sind. Um den absoluten Brechungsindex und die Schichtdicke unabhängig voneinander bestimmen zu  
10 können, werden mindestens doppelt so dicke Schichten benötigt.

Aus C. M. Ramsdae et al., Adv. Mat., 2002, 14 (3), Seiten 212 - 215, ist ein weiteres Verfahren zur  
15 dreidimensionalen Bestimmung des Brechungsindex von Schichten bekannt. Bei diesem Verfahren wird eine Kombination von Reflexionsellipsometrie und Transmissionsellipsometrie unter variablem Einfallswinkel eingesetzt, um die Genauigkeit des Messverfahrens zu  
20 verbessern. Dennoch führt dieses Verfahren bei der Vermessung dünner transparenter Schichten für viele Anwendungen in der Praxis noch nicht zu ausreichend genauen Ergebnissen.

25 Dies liegt auch an Mehrdeutigkeiten, die bei der Vermessung von dünnen anisotropen Schichten mittels Ellipsometrie auftreten, wie dies auch in E. G. Bortchagovsky, Thin Solid Films 307 (1997), 192 - 199 näher ausgeführt ist. In dieser Druckschrift, die sich  
30 mit theoretischen Berechnungen zur Reflexionsellipsometrie befasst, wird zur Vermeidung dieser Problematik vorgeschlagen, die Reflexionseigenschaften

des eingesetzten Substrates durch Bedeckung mit einer dicken transparenten Schicht gezielt zu beeinflussen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht  
5 darin, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur dreidimensionalen Bestimmung des Brechungsindex von dünnen transparenten oder teiltransparenten Schichten anzugeben, die eine hochgenaue Messung des Brechungsindex in allen drei Raumrichtungen ermöglichen.

10

#### Darstellung der Erfindung

Die Aufgabe wird mit dem Verfahren gemäß Patentanspruch 1 sowie der Vorrichtung gemäß Patentanspruch  
15 10 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sowie der Vorrichtung sind Gegenstand der Unteransprüche oder lassen sich aus der nachfolgenden Beschreibung sowie den Ausführungsbeispielen entnehmen.

20 Bei dem vorliegenden Verfahren zur dreidimensionalen Bestimmung des Brechungsindex und gegebenenfalls der Schichtdicke (bei Kombination mit Reflexionsellipsometrie) von transparenten oder teiltransparenten Schichten wird die Schicht in  
25 bekannter Weise unter verschiedenen Einfallswinkeln mit polarisiertem Licht durchstrahlt und Änderungen der Polarisation des Lichtes beim Durchgang durch die Schicht gemessen und ausgewertet. Das vorliegende Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass die Messung  
30 durch ein Immersionsmedium hindurch erfolgt, zwischen das die Schicht, ggf. aufgebracht auf ein transparentes Trägersubstrat, eingebracht wird. Unter der zu vermessenden Schicht ist hierbei auch ein Schichtsystem

aus mehreren Schichten, eine Folie oder ein Film zu verstehen. Unter Immersionsmedium wird in der vorliegenden Patentanmeldung ein Medium verstanden, das zu einem im Vergleich zum Übergang Luft/Schicht bzw.

5 Luft/Substrat verringerten Brechungsindexsprung führt, d.h. einen (vorzugsweise um zumindest 0,1) höheren Brechungsindex als Luft aufweist. Vorzugsweise wird ein flüssiges oder festes Immersionsmedium mit einem Brechungsindex gewählt, der zumindest annähernd gleich

10 (vorzugsweise mit einem Unterschied von kleiner 0,1) dem Brechungsindex des Substrates und/oder dem erwarteten mittleren Brechungsindex der zu vermessenden Schicht ist.

15 Durch den Einsatz des vorliegenden Verfahrens bei der Vermessung von dünnen transparenten Schichten lässt sich überraschender Weise die Genauigkeit bei der Bestimmung des Brechungsindex in den drei Raumrichtungen gegenüber der herkömmlichen Transmissions-

20 ellipsometrie unter veränderlichem Einfallswinkel um zwei Größenordnungen steigern. Dies ermöglicht die Bestimmung der optischen Anisotropie in den drei Raumrichtungen sowie einer etwaigen Verkippung des Brechungsindexellipsoids mit hoher Genauigkeit. Mit dem

25 Verfahren lässt sich auch der absolute Brechungsindex der vermessenen Schicht bestimmen. Gegenüber dem Verfahren der Reflexionsellipsometrie besteht der zusätzliche Vorteil in der Unempfindlichkeit gegenüber ultradünnen Oberflächenschichten, die sich auf der zu

30 charakterisierenden Schicht bilden und durch andere optische Eigenschaften die Messung stören können.

Das Verfahren eignet sich insbesondere für die Vermessung von dünnen transparenten oder teiltransparenten Schichten mit Schichtdicken unterhalb von 1 µm. Für sehr dünne Schichten kleiner 50 nm wird durch

5 das vorliegende Verfahren die genaue optische Bestimmung der dreidimensionalen Anisotropie bei Wellenlängen, für die der Film transparent ist, erst möglich. Bei dickeren Filmen bzw. Schichten lassen sich mit dem vorliegenden Verfahren Gradienten, auch Tilt-

10 Gradienten, genauer bestimmen als mit den bisher eingesetzten Verfahren.

Die Auswertung der ellipsometrischen Messungen erfolgt in gleicher Weise wie bei bereits bekannten

15 Verfahren der Transmissionsellipsometrie unter veränderlichem Einfallswinkel. Hierfür wird beispielhaft auf die in der Beschreibungseinleitung erläuterten Veröffentlichungen verwiesen. Wenn die Methode mit der Reflexionsellipsometrie kombiniert wird, wird eine

20 Verbesserung der Schichtdickenbestimmung erreicht. Hierfür werden die zu bestimmenden Parameter iterativ mit einem biaxialen Modell an die beiden Messungen angepasst, und zwar in der Weise, dass die Schichtdicke jeweils aus der Reflexionsmessung übernommen wird (bei

25 festem mittlerem Brechungsindex aus der Transmissionsmessung) und der Brechungsindex jeweils aus der Transmissionsmessung (bei fester Schichtdicke aus der Reflexionsmessung). Zur Bestimmung der Schichtdicke der vermessenen Schicht, die für die Auswertung

30 erforderlich ist, können auch übliche Verfahren der Schichtdickenmessung, bspw. die Rasterkraftmikroskopie, eingesetzt werden.

Das Verfahren lässt sich auch für die Bestimmung des komplexen Brechungsindex der Schicht einsetzen, indem mit mehreren unterschiedlichen Wellenlängen gearbeitet wird. Dies kann durch Einstrahlung von 5 monochromatischem Licht erfolgen, das in der Wellenlänge durchgestimmt wird. Weiterhin kann Licht einer größeren Bandbreite eingestrahlt werden, aus dem mit einem durchstimmmbaren wellenlängenselektiven Element, z.B. einem Monochromator, vor dem Auftreffen 10 auf die Schicht die jeweilige Wellenlänge für die Messung ausgefiltert und mit der Zeit verändert wird. Bei Einsatz einer Lichtquelle mit einer größeren Bandbreite kann die Messung für mehrere Wellenlängen auch gleichzeitig erfolgen, indem ein dispersives, die 15 Wellenlängen räumlich aufspaltendes Element, z.B. ein Prisma, vor der Schicht in den Strahlengang gebracht und die auf diese Weise räumlich aufgespaltenen Anteile nach Durchlaufen der Schicht gleichzeitig und unab- hängig voneinander über ein entsprechend angeordnetes 20 Detektorarray vermessen werden.

In einer vorteilhaften Ausführungsform des vorliegenden Verfahrens wird als Immersionsmedium eine Flüssigkeit eingesetzt. Diese Flüssigkeit wird in eine 25 Kammer eingefüllt, in der die Schicht auf dem transparenten Substrat vermessen wird. Durch Drehung des Substrates mit der aufgebrachten Schicht, im Folgenden als Probe bezeichnet, in der Kammer, bspw. durch eine manuelle mechanische Einrasttechnik oder mit 30 Hilfe eines Drehmotors, kann der Einfallswinkel des durch die Kammer geleiteten polarisierten Lichtstrahls auf die Schicht für die Messung verändert werden. Der

polarisierte Lichtstrahl wird im Folgenden auch als Messstrahl bezeichnet.

In einer weiteren Ausgestaltung des vorliegenden Verfahrens werden zwei transparente Festkörperhälften als Immersionsmedium eingesetzt. Diese beiden Festkörperhälften werden mit ihren planen, dem Substrat bzw. der Schicht zugewandten Flächen über eine Immersionsflüssigkeit in Kontakt mit der Schicht und dem Substrat gebracht und zusammen mit der Probe im Messstrahl gedreht. Die Drehung kann hierbei in gleicher Weise wie bei der vorangehenden Ausführungsform erfolgen. Vorzugsweise werden als Festkörperhälften zwei Halbkugeln, bspw. aus Glas, oder zwei Halbzylinder eingesetzt. Bei der Verwendung von Halbzylindern ist die Drehrichtung auf eine Dimension beschränkt, um bei jeder Winkelstellung einen senkrechten Einfall des Messstrahls auf die Oberfläche dieses Immersionsmediums zu gewährleisten. Die beiden Festkörperhälften werden hierbei möglichst spannungsfrei gehalten, um Spannungsdoppelbrechung zu vermeiden. In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform werden die Festkörperhälften während der Messung nicht mit einer Druckkraft in Richtung der Probe beaufschlagt. Vielmehr wird die Wirkung der Kapillarkräfte der Immersionsflüssigkeit ausgenutzt, durch die die Probe und die Festkörperhälften bereits ausreichend zusammen gehalten werden.

Die vorliegende Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens weist eine Transmissions-Messeinrichtung zur Messung einer Änderung der Polarisation beim Durchgang von polarisiertem Licht, des Messstrahls, durch eine

- 10 -

Probe sowie eine Dreheinrichtung für die Probe auf. Eine derartige Transmissions-Messeinrichtung setzt sich bspw. aus einer Lichtquelle, ein oder mehreren Polarisatoren vor und hinter dem Messvolumen für die 5 Probe sowie einem Photodetektor zur Messung der transmittierten Intensität zusammen. Die Vorrichtung weist ferner eine Halterung für ein Immersionsmedium auf, die so ausgebildet ist, dass die Probe zwischen das Immersionsmedium einbringbar und in oder mit dem 10 Immersionsmedium relativ zur Strahlachse des Messstrahls drehbar ist.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung dieser Vorrichtung wird die Halterung durch eine Kammer für 15 ein flüssiges Immersionsmedium gebildet, die Ein- und Austrittsflächen für den Messstrahl aufweist. Bei dieser Ausgestaltung kann die Probe über einen Drehstift, an dem die Probe gehaltert ist, im Immersionsmedium und somit im Messstrahl gedreht 20 werden. Eine alternative Ausgestaltung sieht eine zylinderförmige Kammer vor, in die die Probe eingebracht wird. Bei dieser Ausgestaltung kann die gesamte Kammer zusammen mit der Probe im Messstrahl gedreht werden, beispielsweise über einen Drehteller, auf dem 25 die Kammer aufliegt. In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist die Halterung für die Aufnahme und Fixierung der beiden Festkörperhälften ausgebildet, die das Immersionsmedium bilden, und mit der Dreheinrichtung verbunden.

30 Die Halterung mit der Dreheinrichtung kann selbstverständlich auch getrennt zur Verfügung gestellt und in vorhandene Transmissionsellipsometer eingesetzt werden.

- 11 -

**Kurze Beschreibung der Zeichnungen**

Das vorliegende Verfahren sowie die zugehörige Vorrichtung werden nachfolgend anhand von Ausführungs-  
5 beispielen in Verbindung mit den Zeichnungen nochmals kurz erläutert. Hierbei zeigen:

10 Fig. 1 eine Darstellung einer zu vermessenden Schicht auf einem Trägersubstrat mit dem zugeordneten Achsensystem;

Fig. 2 ein Beispiel für einen Ausschnitt aus einer Messanordnung bzw. Vorrichtung zur Durchführung des vorliegenden Verfahrens;

15 Fig. 3 ein weiteres Beispiel für einen Ausschnitt aus einer Messanordnung bzw. Vorrichtung zur Durchführung des vorliegenden Verfahrens;

20 Fig. 4 ein Beispiel für das Ergebnis der Vermessung einer Polymerschicht der Dicke 137,7 nm im Vergleich zu theoretischen Werten; und

25 Fig. 5 einen Vergleich der Messergebnisse nach der Auswertung der Messung gemäß Figur 4 mit Messergebnissen, wie sie mit einer normalen transmissions- ellipsometrischen Messung der selben Probe erhalten wurden.

**Wege zur Ausführung der Erfindung**

Figur 1 zeigt beispielhaft eine Probe, bestehend aus der zu vermessenden anisotropen Schicht 1, die auf ein Trägersubstrat 2, im vorliegenden Beispiel ein Quarzglasträger, aufgeschleudert wurde. Als beispielhafte Schicht 1 wird eine 137,7 nm dicke Polymer-  
schicht, ein Azobenzenseitenkettenpolymer, eingesetzt. Mit dem vorliegenden Verfahren werden die Brechungs-  
indizes der Schicht 1 in allen drei Raumrichtungen (x, y, z) bestimmt. Hierzu wird die Probe in oder zwischen  
ein Immersionsmedium mit zumindest ähnlichem Brechungs-  
index wie das Trägersubstrat 2 eingebracht. Dies kann  
mit Hilfe von Festkörperhälften, bspw. Halbkugeln,  
Halbzyylinder oder Prismen, in Verbindung mit einer  
Immersionsflüssigkeit erfolgen. Ein Beispiel hierzu ist  
in Figur 2 dargestellt. In einer alternativen  
Ausgestaltung kann die Probe auch in eine Kammer  
gebracht werden, die mit einer Immersionsflüssigkeit  
gefüllt ist oder gefüllt wird, wie dies in Figur 3  
veranschaulicht ist.

Figur 2 zeigt ein erstes Beispiel für einen Ausschnitt aus einer Messanordnung gemäß der vorliegenden Erfindung. Hierbei werden zwei Halbkugeln 3 aus dem Material des Trägersubstrates 2, im vorliegenden Beispiel Glas, eingesetzt, zwischen die die Probe eingebracht wird. Die auf Seite des Substrats 2 angeordnete Halbkugel 3 weist eine um die Substratdicke verringerte Mittenhöhe auf, so dass die beiden Halbkugeln 3 mit der dazwischen angeordneten Probe eine Kugel bilden. Die Dicke der zu vermessenden Schicht 1 von 137,7 nm kann hierbei vernachlässigt werden. Vor dem Verbinden der beiden Halbkugeln 3 mit der Probe

wird ein Immersionsöl zwischen die beiden Halbkugeln 3 und die Probe gebracht. Die gesamte Anordnung mit der Probe wird von einer in der Figur nicht dargestellten Halterung fixiert, die mit einer Dreheinrichtung zur 5 Drehung der Probe im Messstrahl 4 verbunden ist. Die Halterung ist so konstruiert, dass Spannungsdoppelbrechung in den Halbkugeln 3 vermieden wird. Hierzu kann die Halterung entweder nur an der Probe angreifen, wobei die Halbkugeln 3 und die Probe allein durch die 10 Kapillarkräfte der Immersionsflüssigkeit zusammen gehalten werden, oder an den Halbkugeln 3, wobei dann mit Hilfe von schwachen Federn oder mit fein einstellbaren Schrauben nur leichter Druck auf die Halbkugeln 3 ausgeübt wird. Durch Drehung der Probe mit den Halb- 15 kugeln 3 im Messstrahl 4 kann der Einfallswinkel 5 des Messstrahls 4 auf die Schicht 1 während der Messung verändert werden, um die Messung mit unterschiedlichen Einfallswinkeln durchzuführen.

20 Ein weiteres Beispiel für einen Ausschnitt aus einer Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist in Figur 3 dargestellt. Dieser Teil der Vorrichtung besteht aus einer Kammer 6, in der über einen Drehstift 7 eine drehbare Halterung für die Probe angebracht ist. 25 Die Kammer 6 wird dann mit einer Immersionsflüssigkeit gefüllt. Sie ist so ausgebildet, dass der Messstrahl 4 durch die Kammer 6 und die Probe gelangen kann. Hierzu kann die Kammer 6 mit einem zum Messstrahl 4 senkrechten Eintrittsfenster und einem zum Eintrittsfenster 30 parallelen Austrittsfenster ausgestaltet sein, wobei beide Fenster mit Antireflexschichten versehen werden können. Der Drehstift 7 kann entweder von unten durch eine Durchgangsöffnung mit einer Dichtung in die Kammer

eingebracht werden oder von oben ohne Dichtung in die Flüssigkeit eingetaucht werden, wie dies im vorliegenden Beispiel realisiert ist. Diese Messanordnung hat den Vorteil eines einfachen Aufbaus und vermeidet das

5 Problem der Spannungsdoppelbrechung im Immersionsmedium. Um eine etwaige Änderung des Brechungsindex der Immersionsflüssigkeit durch Verdunstung zu vermeiden, kann die Kammer 6 auch mit einer aufschiebbaren Abdeckung versehen werden, die in der Mitte eine

10 Durchgangsöffnung für den Drehstift 7 aufweist.

Figur 4 zeigt das Ergebnis einer Transmissionsellipsometriemessung mit dem Verfahren der vorliegenden Erfindung an der bereits vorgestellten Probe. Die

15 Messung wurde mit einer Messanordnung gemäß Figur 2 durchgeführt, wobei die Halbkugeln 3 durch die Kapillarkraft des Immersionsöls zusammen gehalten wurden. Die Messkurve zeigt deutlich die Zunahme des ellipsometrischen Messparameters  $\Delta$ , der den Gang-

20 Unterschied zwischen s- und p-polarisiertem Licht beschreibt, mit zunehmendem Einfallswinkel. Diese Zunahme entspricht unter korrekter Beachtung des Vorzeichens einer Vorzugsorientierung in der Ebene der vermessenen Schicht. Das aus dieser Messung erhaltene

25 Ergebnis ergibt als mittleren Brechungsindex  $n = n_x + n_y + n_z = 1,5681$  (1) und als Doppelbrechung in z-Richtung  $\Delta n_{zx} = n_z - n_x = -0,0259$ . In der Figur ist die Überlagerung mit den durch theoretische Modellierung für diese Werte erhaltenen Punkten zu

30 erkennen.

Figur 5 zeigt schließlich einen Vergleich des Ergebnisses dieser Messung mit dem Ergebnis einer

- 15 -

Messung an der gleichen Probe, die mittels üblicher Transmissionsellipsometrie ohne ein Immersionsmedium durchgeführt wurde. Für die Auswertung wurde für beide Messungen jeweils der mittlere Brechungsindex  $n$  als

5 fest angenommen und dann die Doppelbrechung in z-Richtung durch Anpassen an die theoretische Kurve bestimmt. Hierdurch wird die Abhängigkeit von  $n$  und  $\Delta n_{zx}$  erhalten, wie sie in der Figur 5 ersichtlich ist. Die Messkurven mit und ohne Immersion schneiden sich

10 genau bei dem Brechungsindex  $n$ , der mit dem vorliegenden Verfahren bereits vorhergesagt wurde. Damit ist gezeigt, dass mit dem vorliegenden Verfahren sowohl der absolute Brechungsindex als auch die Anisotropie einer dünnen Schicht bestimmt werden kann.

15 Zum Vergleich ist in der Figur 5 auch die Abweichung zwischen theoretischen und experimentellen Werten als mittlere quadratische Abweichung aufgetragen. Man erkennt die hervorragende Übereinstimmung des Minimums der mittleren quadratischen Abweichung mit dem

20 Schnittpunkt der Messungen aus dem vorliegenden Verfahren und der Transmissionsmessung ohne Immersion. Ein derartiges Minimum wird bei der Durchführung der üblichen Transmissionsellipsometrie nicht erreicht (in der Figur nicht dargestellt), so dass durch Auswertung

25 der normalen Messung ohne Immersion über eine freie Anpassung ein absoluter Brechungsindex von 1,584 und ein  $\Delta n_{zx}$  von -0,0327 resultieren würde. Diese Werte liegen weitab von den tatsächlichen Werten.

- 16 -

**Bezugszeichenliste**

1	Zu vermessende Schicht
2	Trägersubstrat
3	Halbkugeln als Immersionsmedium
4	Messstrahl
5	Einfallswinkel
6	Kammer
7	Drehstift

Patentansprüche

1. Verfahren zur dreidimensionalen Bestimmung des Brechungsindex von transparenten oder teil-transparenten Schichten, bei dem die Schicht (1) unter verschiedenen Einfallswinkeln (5) mit polarisiertem Licht durchstrahlt und Änderungen der Polarisation des Lichtes beim Durchgang durch die Schicht (1) gemessen und ausgewertet werden, dadurch gekennzeichnet,  
5 dass die Messung durch ein Immersionsmedium (3) hindurch erfolgt, das einen höheren Brechungsindex als Luft aufweist und zwischen das die Schicht (1) eingebracht wird.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (1) auf ein transparentes Substrat (2) aufgebracht und auf dem Substrat (2) vermessen wird.
- 15 3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Immersionsmedium (3) mit einem Brechungsindex eingesetzt wird, der zumindest  
20 annähernd einem Brechungsindex des Substrates (2) entspricht.
- 25 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,  
30 dass die Schicht (1) in einer Kammer (6) vermessen

wird, in die ein flüssiges Immersionsmedium (3) eingebracht wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Immersionsmedium (3) durch zwei Festkörperhälften gebildet wird, zwischen die die Schicht (1) eingebracht wird.
- 10 6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Halbkugeln oder Halbzyylinder als Immersionsmedium (3) eingesetzt werden.
- 15 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Halbkugeln oder Halbzyylinder durch Kapillarkräfte an der Schicht (1) und dem Substrat (2) gehalten werden.
- 20 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Schicht (1) gleichzeitig oder nacheinander mit Licht unterschiedlicher Wellenlängen durchstrahlt wird, um den komplexen Brechungsindex zu bestimmen.
- 25 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 zur Vermessung von Schichten für Flachbildschirme, optische Datenspeicherung oder optische Wellenleiter.

- 19 -

10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, mit einer Transmissions-Messeinrichtung zur Messung einer Änderung der Polarisation beim Durchgang von 5 polarisiertem Licht durch eine Probe und einer Dreheinrichtung für die Probe, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung ein Immersionsmedium umfasst, das einen höheren Brechungsindex als Luft aufweist, und eine Halterung für das Immersionsmedium 10 (3) vorgesehen und so ausgebildet ist, dass die Probe zwischen das Immersionsmedium (3) einbringbar und in oder mit dem Immersionsmedium (3) relativ zu einer Strahlachse des polarisierten 15 Lichtes drehbar ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Halterung eine Kammer (6) für ein 20 flüssiges Immersionsmedium (3) ist, die Ein- und Austrittsflächen für das polarisierte Licht aufweist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, 25 dadurch gekennzeichnet, dass die Kammer (6) zylinderförmig ausgebildet und so mit der Dreheinrichtung gekoppelt ist, dass sie mit Hilfe der Dreheinrichtung drehbar ist.
- 30 13. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Halterung für die Aufnahme und Fixierung von zwei das Immersionsmedium (3) bildende

- 20 -

Festkörperhälften ausgebildet und mit der  
Dreheinrichtung verbunden ist.

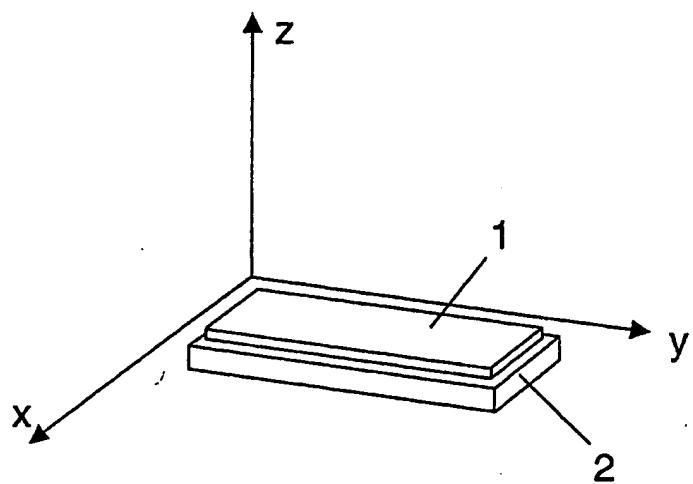


Fig. 1

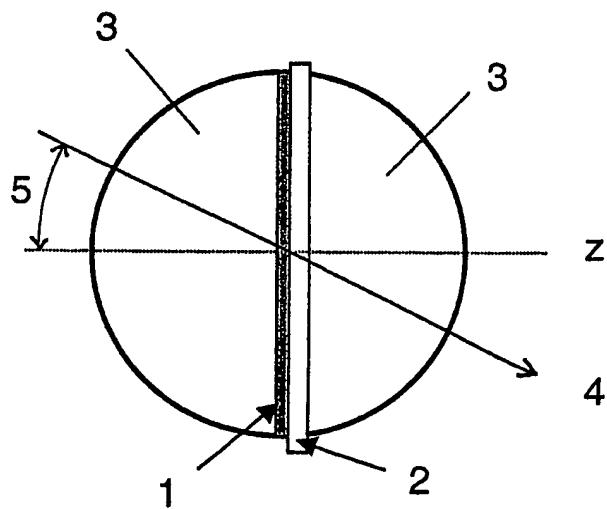


Fig. 2

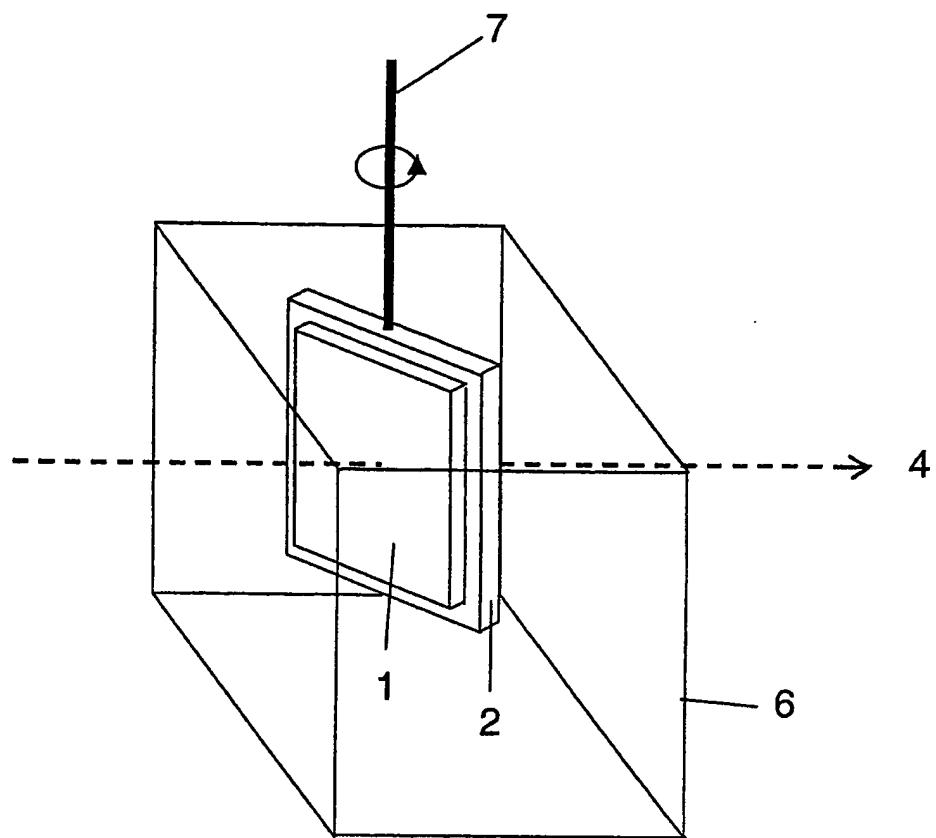


Fig. 3

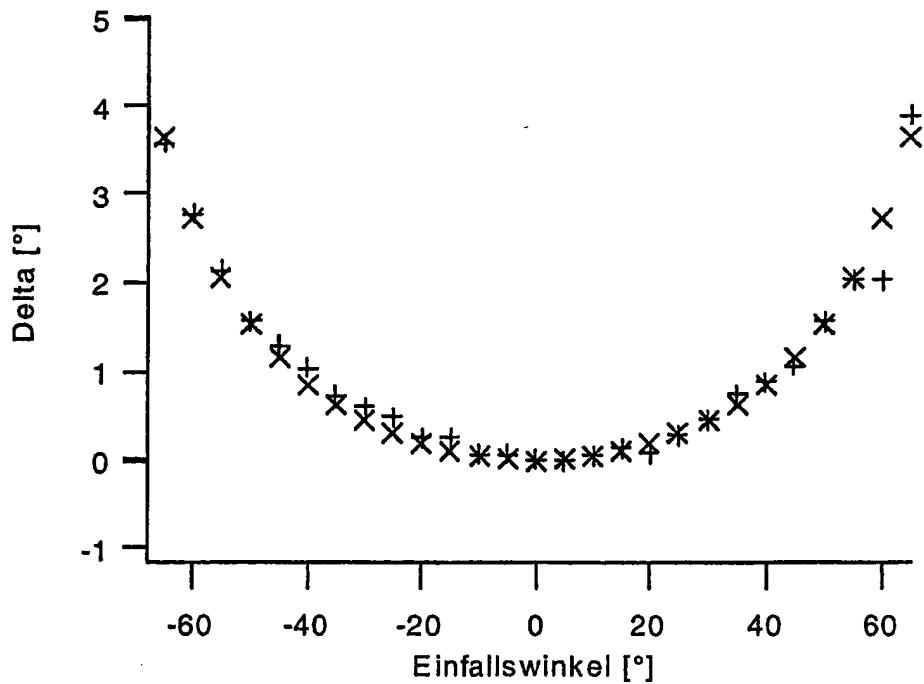


Fig. 4

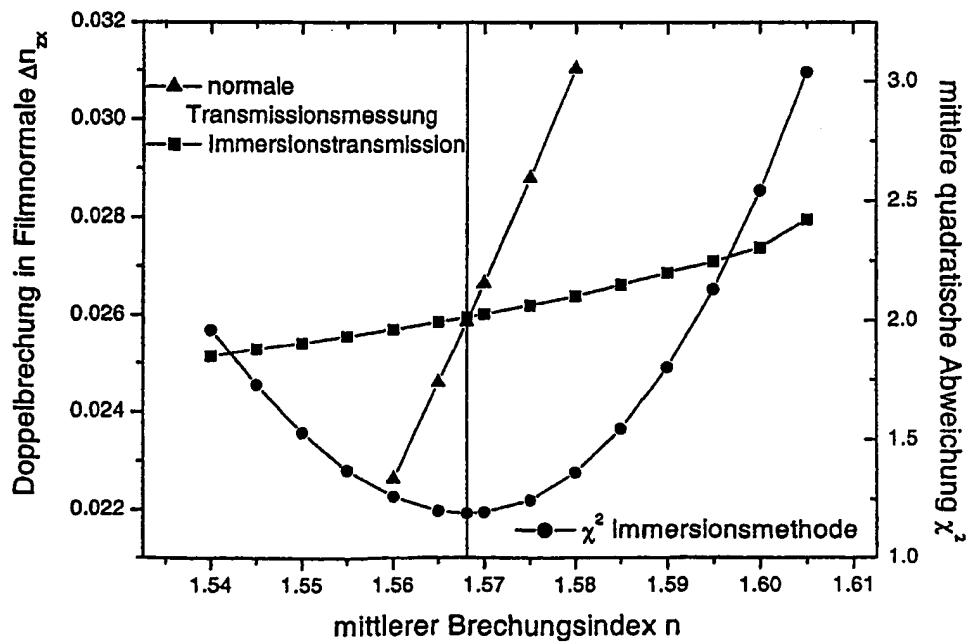


Fig. 5

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/005911

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 IPC 7 G01N21/21 G01N21/41 G01N21/84

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 IPC 7 G01N G01B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, COMPENDEX, PAJ, WPI Data, INSPEC

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	<p>RAMSDALE C M ET AL: "ELLIPSOMETRIC DETERMINATION OF ANISOTROPIC OPTICAL CONSTANTS IN ELECTROLUMINESCENT CONJUGATED POLYMERS"    ADVANCED MATERIALS, VCH VERLAGSGESELLSCHAFT, WEINHEIM, DE,    vol. 14, no. 3,    5 February 2002 (2002-02-05), pages    212-215, XP001164236    ISSN: 0935-9648    cited in the application    page 213, left-hand column, line 3 - line 7    page 213, left-hand column, line 22 - line 24    page 213, left-hand column, line 37 - line 40</p> <p>-----</p> <p>-/-</p>	1-9

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority, claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

19 August 2004

06/09/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
 Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Verdoort, E

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/005911

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	BORTCHAGOVSKY E G: "Ellipsometric method for investigation of the optical anisotropy of thin films: Theory and calculations" THIN SOLID FILMS, ELSEVIER-SEQUOIA S.A. LAUSANNE, CH, vol. 307, no. 1-2, 10 October 1997 (1997-10-10), pages 192-199, XP004109337 ISSN: 0040-6090 cited in the application page 193, right-hand column, paragraph 2 - paragraph 3 -----	1
Y	T.SRIKHIRIN: "An investigation of the photoinduced changes of absorption of high-performance photoaddressable polymers" CHEMPHYSCHM, vol. 3, 2002, pages 335-345, XP001164235 cited in the application page 337, left-hand column, line 1 - line 3 figure 1 -----	1-9
A	BORTCHAGOVSKY E G ET AL: "COMPARISON OF ELLIPSOMETRIC METHODS FOR SEPARATE DETERMINATION OF THICKNESS AND OPTICAL CONSTANTS OF THIN FILMS" FOLIA BIOLOGICA (PRAHA), XX, XX, vol. 4517, 5 June 2000 (2000-06-05), pages 126-133, XP008023161 ISSN: 0015-5500 page 127, line 17 - line 19 page 129, line 22 - line 23 page 130, line 14 - line 19 page 131, line 2 - line 8 page 132, line 13 - line 14 page 132, line 20 -----	13
P,X	JUNG C C ET AL: "Three-dimensional anisotropies induced by light in thin polymer films" PROC. SPIE - INT. SOC. OPT. ENG. (USA), PROCEEDINGS OF THE SPIE - THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING, 2003, SPIE-INT. SOC. OPT. ENG, USA, vol. 5212, no. 1, 4 August 2003 (2003-08-04), pages 83-93, XP002293201 ISSN: 0277-786X page 85, paragraph 1 page 86, paragraph 3 - page 87, last paragraph -----	1-13
		-/-

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/005911

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 05, 31 May 1999 (1999-05-31) & JP 11 037937 A (RICOH CO LTD), 12 February 1999 (1999-02-12) abstract -----	4,10-12
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 460 (P-1278), 21 November 1991 (1991-11-21) & JP 03 195905 A (AISIN SEIKI CO LTD), 27 August 1991 (1991-08-27) abstract -----	10,11
X	US 3 963 348 A (ITO YOICHI ET AL) 15 June 1976 (1976-06-15) column 2, line 41 - line 54 column 3, line 48 - line 66 column 4, line 43 - line 61 figure 1 -----	10-12
A	WO 01/42769 A (PRIESTLEY RICHARD S ;CORNING INC (US)) 14 June 2001 (2001-06-14) page 4, line 15 - page 5, line 17 figure 3 -----	10,11
A	US 5 526 118 A (MIYAGAWA ICHIROU ET AL) 11 June 1996 (1996-06-11) figures 1,3C -----	10

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/005911

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
JP 11037937	A 12-02-1999	NONE		
JP 03195905	A 27-08-1991	NONE		
US 3963348	A 15-06-1976	JP 49123351 A		26-11-1974
		JP 49029879 A		16-03-1974
WO 0142769	A 14-06-2001	US 6317209 B1		13-11-2001
		TW 503314 B		21-09-2002
		WO 0142750 A1		14-06-2001
		WO 0142769 A1		14-06-2001
		US 2003227622 A1		11-12-2003
US 5526118	A 11-06-1996	JP 3264469 B2		11-03-2002
		JP 7159320 A		23-06-1995

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/005911

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 IPK 7 G01N21/21 G01N21/41 G01N21/84

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 IPK 7 G01N G01B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, COMPENDEX, PAJ, WPI Data, INSPEC

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beir. Anspruch Nr.
Y	<p>RAMSDALE C M ET AL: "ELLIPSOMETRIC DETERMINATION OF ANISOTROPIC OPTICAL CONSTANTS IN ELECTROLUMINESCENT CONJUGATED POLYMERS"            ADVANCED MATERIALS, VCH VERLAGSGESELLSCHAFT, WEINHEIM, DE,            Bd. 14, Nr. 3,            5. Februar 2002 (2002-02-05), Seiten            212-215, XP001164236            ISSN: 0935-9648            in der Anmeldung erwähnt            Seite 213, linke Spalte, Zeile 3 – Zeile 7            Seite 213, linke Spalte, Zeile 22 – Zeile 24            Seite 213, linke Spalte, Zeile 37 – Zeile 40</p> <p>-----</p> <p>-/-</p>	1-9

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*'A' Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*'E' älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmelde datum veröffentlicht worden ist
- \*'L' Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*'O' Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*'P' Veröffentlichung, die vor dem Internationalen Anmelde datum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- \*'T' Spätere Veröffentlichung, die nach dem Internationalen Anmelde datum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*'X' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindender Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*'Y' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindender Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

19. August 2004

06/09/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Verdoordt, E

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/005911

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	BORTCHAGOVSKY E G: "Ellipsometric method for investigation of the optical anisotropy of thin films: Theory and calculations" THIN SOLID FILMS, ELSEVIER-SEQUOIA S.A. LAUSANNE, CH, Bd. 307, Nr. 1-2, 10. Oktober 1997 (1997-10-10), Seiten 192-199, XP004109337 ISSN: 0040-6090 in der Anmeldung erwähnt Seite 193, rechte Spalte, Absatz 2 - Absatz 3	1
Y	T.SRIKHIRIN: "An investigation of the photoinduced changes of absorption of high-performance photoaddressable polymers" CHEMPHYSCHM, Bd. 3, 2002, Seiten 335-345, XP001164235 in der Anmeldung erwähnt	1-9
A	Seite 337, linke Spalte, Zeile 1 - Zeile 3 Abbildung 1	13
X	BORTCHAGOVSKY E G ET AL: "COMPARISON OF ELLIPSOMETRIC METHODS FOR SEPARATE DETERMINATION OF THICKNESS AND OPTICAL CONSTANTS OF THIN FILMS" FOLIA BIOLOGICA (PRAHA), XX, XX, Bd. 4517, 5. Juni 2000 (2000-06-05), Seiten 126-133, XP008023161 ISSN: 0015-5500 Seite 127, Zeile 17 - Zeile 19 Seite 129, Zeile 22 - Zeile 23 Seite 130, Zeile 14 - Zeile 19 Seite 131, Zeile 2 - Zeile 8 Seite 132, Zeile 13 - Zeile 14 Seite 132, Zeile 20	1-3,8
P,X	JUNG C C ET AL: "Three-dimensional anisotropies induced by light in thin polymer films" PROC. SPIE - INT. SOC. OPT. ENG. (USA), PROCEEDINGS OF THE SPIE - THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING, 2003, SPIE-INT. SOC. OPT. ENG, USA, Bd. 5212, Nr. 1, 4. August 2003 (2003-08-04), Seiten 83-93, XP002293201 ISSN: 0277-786X Seite 85, Absatz 1 Seite 86, Absatz 3 - Seite 87, letzter Absatz	1-13
		-/-

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/005911

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie <sup>a</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1999, Nr. 05, 31. Mai 1999 (1999-05-31) & JP 11 037937 A (RICOH CO LTD), 12. Februar 1999 (1999-02-12) Zusammenfassung -----	4,10-12
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 015, Nr. 460 (P-1278), 21. November 1991 (1991-11-21) & JP 03 195905 A (AISIN SEIKI CO LTD), 27. August 1991 (1991-08-27) Zusammenfassung -----	10,11
X	US 3 963 348 A (ITO YOICHI ET AL) 15. Juni 1976 (1976-06-15) Spalte 2, Zeile 41 - Zeile 54 Spalte 3, Zeile 48 - Zeile 66 Spalte 4, Zeile 43 - Zeile 61 Abbildung 1 -----	10-12
A	WO 01/42769 A (PRIESTLEY RICHARD S ;CORNING INC (US)) 14. Juni 2001 (2001-06-14) Seite 4, Zeile 15 - Seite 5, Zeile 17 Abbildung 3 -----	10,11
A	US 5 526 118 A (MIYAGAWA ICHIROU ET AL) 11. Juni 1996 (1996-06-11) Abbildungen 1,3C -----	10

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/005911

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
JP 11037937	A	12-02-1999	KEINE			
JP 03195905	A	27-08-1991	KEINE			
US 3963348	A	15-06-1976	JP JP	49123351 A 49029879 A		26-11-1974 16-03-1974
WO 0142769	A	14-06-2001	US TW WO WO US	6317209 B1 503314 B 0142750 A1 0142769 A1 2003227622 A1		13-11-2001 21-09-2002 14-06-2001 14-06-2001 11-12-2003
US 5526118	A	11-06-1996	JP JP	3264469 B2 7159320 A		11-03-2002 23-06-1995

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**